# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 7. September 1928 | Heft 36

## Über Bewegungswahrnehmungen.

Von YRJÖ RENQVIST, Helsinki-Helsingfors.

Die Sinnesphysiologie, in der so viel für die Erforschung des Gesichts und Gehörs wie auch der niederen Sinne geleistet ist, hat bisher den Empfindungen, oder besser gesagt Wahrnehmungen, die die mit Hilfe der Muskeln ausgeführten Bewegungen begleiten, ziemlich wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Worin das begründet sein mag, soll unter anderem auch in der folgenden Darlegung besprochen werden.

Der durch das Sehorgan vermittelte Bewußtseinsinhalt ist im allgemeinen vielgestaltig. Wir sehen Formen und Farben, aber auch Bewegung. In der Gesichtswahrnehmung kann man mit Hilfe gedanklicher Analyse gewissermaßen als ihre Teile nur Farben oder nur Formen unterscheiden. Diese einfacheren Bewußtseinsinhalte werden bekanntlich Empfindungen genannt. Wahrnehmungen haben wir ständig, sie sind das von außen kommende „Material" unseres Bewußtseins, entstanden ohne die beschränkende Einwirkung der Versuchsanordnung. Eigentliche Empfindungen, wenigstens auf dem Gebiete der höheren Sinne, treten dagegen nur im Zusammenhang mit einem Versuch auf und sind ganz rein oft nur Abstraktionen, Ergebnisse der Analyse. So können wir z. B. eine reine, ausschließliche Farbenempfindung, ohne irgendwelche Formen, nicht hervorrufen, kaum begreifen. Auch wenn das ganze Gesichtsfeld die gleiche Farbe hätte, bilden doch seine allerdings unbestimmten Grenzen auch die Grenzen der Farbe, so daß Formen immer in Verbindung mit Farbe auftreten. Der Begriff „reine Empfindungen" ist aber gewissermaßen die Grundlage, auf der die Sinnesphysiologie aufbaut. Die Sinnesphysiologie untersucht ja das gegenseitige Verhältnis von Bewußtseininhalten und Reizen, und vor allem die Erforschung der höheren Sinne, des Gesichts und Gehörs hat gezeigt, daß gerade die Empfindungen, z. B. Farben, ihre Qualität, Intensität usw. in einer der Untersuchung zugänglichen Beziehung stehen zu den Eigenschaften, die den Reiz physikalisch definieren. Man kann die Beziehungen zwischen einer Empfindung und ihrem physikalischen Reiz genau bestimmen, was man aber für Wahrnehmung nicht kann, deren reizphysikalische Entsprechung zu bestimmen sich vorläufig als unmöglich erwiesen hat.

Die Analysierung der Muskelbewegungswahrnehmung ist durchaus vernachlässigt worden und die Folge davon war, daß man von einer Physiologie der Bewegungswahrnehmungen nicht hat sprechen können. Von den Physiologen hat eigentlich zuerst v. FREY einen Teil der Bewegungswahrnehmungen zu untersuchen in Angriff genommen, nämlich die Empfindung, die man als Schwere,- Widerstands- oder Kraftempfindung bezeichnen kann, die, wie der Name schon sagt, darin zum Vorschein kommt, daß die Bewegung nicht „von selbst" erfolgt, sondern Widerstand hervorruft. Dieser Teil, die Kraftempfindung, ist, soviel ich sehen kann, der wesentlichste Inhalt der Bewegungswahrnehmung. Ein zweiter Teil der Bewegungswahrnehmung ist das Bewußtsein der Bewegungsstrecke; wir stellen fest, eine wie große Bewegung unsere Glieder ausgeführt haben. Dieser Teil der Bewegungswahrnehmung ist weniger wesentlich, denn Strecken konstatieren wir nicht nur in Verbindung mit Bewegung, sondern auch durch unser Gesicht und vermittels der Hautsinne. Und drittens liegt in der Bewegungswahrnehmung auch Zeitbewußtsein, die Bewegung dauert eine bestimmte Zeit. Das Zeitbewußtsein ist jedoch durchaus nicht wesentlich für Bewegungswahrnehmung, sondern die Feststellung der Zeit verbindet sich mehr oder weniger deutlich mit Wahrnehmungen, die von allen Sinnesorganen vermittelt werden. Die Zeit ist nach KANT „die Form unseres inneren Sinnes".

Man könnte die Frage aufwerfen, ob die oben definierten Empfindungen der Bewegungskraft, -strecke und -zeit zweckentsprechende Teile der Gesamtheit der Bewegungswahrnehmung seien, ob man nicht vielmehr ebensogut z. B. die Grundlagen der Empfindung der Bewegungsschnelligkeit hätte zur Untersuchung stellen können. Diese Frage ist um so berechtigter, als auf dem Gebiete des Gesichts die Empfindung einer gesehenen Bewegung am ungezwungensten gerade mit Hilfe der Bewegungsschnelligkeit zu verstehen ist. Die sich mit den Empfindungen der Bewegungskraft und -strecke befassende Forschung hat jedoch die reizphysikalischen Grundlagen der Bewegungskraft und -strecke aufzuzeigen vermocht. Nach meiner Auffassung, die ich später zu begründen versuche, ist die Auffindung dieser Grundlagen die wichtigste Aufgabe der Sinnesphysiologie. Die Aufdeckung der reizphysikalischen Grundlagen der Empfindungen der Bewegungskraft und -strecke zeigt also, daß diese Teile der Gesamtbewegungswahrnehmung reizphysikalisch in zweckdienlicher Weise ausgewählt sind.

Wir behandeln zunächst die Bewegungskraft- oder Kraftempfindungsphysiologie. v. FREY[1] hat vor über 10 Jahren gezeigt, daß, wenn man mit senkrecht ausgestrecktem Arm verschieden große Gewichte hält, die Kraftempfindungen gleich groß sind, wenn die Drehmomente der auf den Arm

[1] v. FREY, Zeitschr. f. Biol. 63, 129. 1913.

einwirkenden Gewichte in bezug auf das Schultergelenk gleich groß sind. Im Zusammenhang mit diesen Versuchen zeigte v. FREY, daß die betreffenden Empfindungen nicht durch Vermittlung der Haut zustande kamen, sondern nur die Muskeln selbst, die in ihnen vor sich gehenden Erscheinungen, hierbei in Frage kamen. Gleich große Kraftempfindungen entsprechen also gleich großen Muskelkräften des Armes. Kurz darauf zeigte v. FREY[1] ferner, daß bei Ausführung von Beugebewegungen im Ellbogengelenk, die Unterschiedsschwelle der Schwereempfindung der Bewegungen auf dem Unterschied der Kräfte beruht, mit dem die Muskeln die Bewegungen ausführen. Damit ist bewiesen, daß der Teil der Gesamtbewegungswahrnehmung, den wir Kraftempfindung nannten, auf der physikalischen Kraft, der Spannung der Muskeln, beruht. Darum ist es durchaus angebracht, diese Empfindungen Kraft- oder Spannungsempfindungen zu nennen.

Auch auf andere Weise kann man konstatieren, daß die Kraftempfindungen auf der Muskelkraft oder -spannung beruhen[2]. Man verwendet dazu das HILLsche Inertie-Ergometer[3]. Dieser besteht aus einer um eine horizontale Achse, fast reibungslos auf Kugellagern rotierenden Eisenscheibe, die mittelst eines Handgriffes in Bewegung gesetzt wird. Die Versuchsperson kann so durch abwechselnde Beuge- und Streckbewegungen im Ellbogengelenk das Ergometer hin- und zurückrotieren. Ein Zeiger überträgt vermittelst Schnüre und Räder die Bewegungen auf einen berußten rotierenden Zylinder. Aus diesen Kurven kann man den Verlauf der Bewegung, ihre Schnelligkeit usw. messen und berechnen. Wenn man die träge Masse des Ergometers kennt, kann man auch die Kraft der Bewegung, die geleistete Arbeit usw. bestimmen.

Die Ergebnisse der Ergometerversuche sind folgende. Wenn die in Bewegung befindliche träge Masse des Ergometers in den Versuchsserien konstant ist, die Bewegungsstrecken bei den verschiedenen Bewegungen aber verschieden lang sind, oder die Zeitdauern der Bewegungen verschieden sind, so erscheinen die Bewegungen dann ebenso schwer, sind die Kraftempfindungen also gleich groß, wenn die die Bewegung verursachenden Muskelkräfte gleich groß sind. Wenn dagegen verschieden große träge Massen in Bewegung gesetzt werden, sind die in Bewegung setzenden Muskelkräfte nicht gleich groß, wenn die Bewegungen gleich schwer erscheinen. Im letzteren Falle sind die Größen, die man erhält, wenn man die Muskelkraft oder -spannung mit der Zeit multipliziert, welche die Bewegung dauert, gleich groß, wenn die Kraftempfindungen gleich groß sind. Die Kraftempfindung beruht dann nicht auf der Muskelkraft, sondern auf der Größe Muskelkraft mal Wirkungszeit. Hier integriert die Zeit in merkwürdiger Weise in dem Reiz der Kraftempfindung, worüber später noch einige Worte zu sagen sind[1].

Haben nun diese Feststellungen, daß die Kraftempfindung auf der Kraft oder Spannung der Muskeln bei Bewegungen mit gleich großer träger Masse, aber verschiedener Strecke und Zeit, bei Bewegungen mit verschieden großer träger Masse aber auf der Kraft- oder Spannungszeit der Muskeln beruht, nur psychologisches Interesse? Durchaus nicht, denn sie stehen in engem Zusammenhang mit der Muskelphysiologie und erhalten viel Beleuchtung aus ihren neuesten Ergebnissen.

HILL[3] hat gezeigt, daß die Energieproduktion bei der Zusammenziehung des Muskels teilweise während der Kontraktion stattfindet, teilweise nachher. Die spätere Produktion beruht auf Oxydationsvorgänge, während die Erscheinungen während des Kontraktionsvorganges anaerob sind. Diese letztere Energieproduktion ist, wie HILL[3] gezeigt hat, proportional der Spannungszeit des Muskels, der Größe, die man durch Multiplikation von Kontraktionskraft und Kontraktionszeitdauer erhält. Wir stellten eben fest, daß das Vergleichen der Kraftempfindungen bei Bewegungen mit verschieden großen Massen auf dieser selben Spannungszeit beruhte. Der Vergleich von Kraftempfindungen bei Bewegung verschieden großer träger Massen beruht demnach auf der Größe der Energieproduktion, die während der Kontraktion stattfindet, oder vielleicht ließe sich noch besser sagen, daß der Reiz der Kraftempfindung in diesem Falle die Muskelenergie ist. In den Fällen, wo der Grund der Kraftempfindung die Muskelkraft oder -spannung als solche war, d. h. dann, wenn die Bewegungen mit derselben Masse ausgeführt wurden und nur Bewegungsstrecke oder -zeit verschieden waren, besteht demnach, auf Grund des erwähnten, von HILL gezeigten Verhaltens, der Reiz der Kraftempfindung in der in den Muskeln auftretenden Energieproduktion in der Zeiteinheit, oder in der sog. Leistung der Muskeln.

Da die Energieproduktion in den Muskeln natürlich an bestimmte Stoffwechselerscheinungen gebunden ist, hat man als Grundlage der Kraftempfindung oder als ihren Reiz ganz bestimmte, in den Muskeln stattfindende Vorgänge konstatieren können.

Es kann von Interesse sein, die Gründe zu prüfen, die erklären können, warum bei einem Vergleich zwischen zwei mit verschieden großen trägen Massen ausgeführten Kraftempfindungen das Gefühl gleicher Schwere der Bewegungen auf der gleichen Größe der Spannungszeit oder der

[1] v. FREY, Zeitschr. f. Biol. **65**, 203. 1914. Siehe auch v. FREY, Die Tangoreceptoren des Menschen, im Handbuch d. norm. u. pathol. Physiol. Bd. XI.

[2] RENQVIST, Skandinav. Arch. f. Physiol. **50**, 52. 1927.

[3] A. V. HILL, Journ. of physiol. **61**, 19. 1922.

[1] RENQVIST, Skandinav. Arch. f. Physiol. **51**, 157. 1927.

[2] A. V. HILL und W. HARTREE, Journ. of physiol. **54**, 84. 1921/21.

[3] A. V. HILL und W. HARTREE, Journ. of physiol. **55**, 133. 1921; auch Physiol. Rev. 1922. **2**, 310 und Ergebn. d. Physiol. **22**, 315. 1922.

Energieproduktion der Muskelspannung beruht, während andererseits, wenn die Massen gleich und nur die Strecken oder Zeiten verschieden groß sind, das Gefühl gleicher Schwere auf der gleichen Größe der Kräfte, Muskelspannungen oder der von den Muskeln in der Zeiteinheit produzierten Energien beruht. Hier können wir nur Vermutungen äußern, doch haben diese vielleicht Bedeutung für künftige Versuche.

BLOCH[1] und CHARPENTIER[2] haben gezeigt, daß bei sehr geringer Dauer des Lichtreizes (höchstens 52 oder 125 Sigmen) das Produkt der Lichtintensität und Zeitdauer des Lichtes beim Schwellenwert der Lichtempfindung konstant ist. Bei solchen Lichtreizen von geringer Dauer ist also die Stärke der Lichtempfindung abhängig von der in die Gesamtwirkungszeit integrierten Intensität des Lichtes. Dauert die Belichtung dagegen längere Zeit, so ist das Verhältnis ein anderes. Wenn der Lichtreiz langdauernd ist, beruht die Stärke der Lichtempfindung nämlich ausschließlich auf der Intensität des Lichtes.

Ähnlich liegen die Verhältnisse in bezug auf die Größe der belichteten Fläche. Wenn das Licht ganz kleinflächig ist, weniger als 2 Bogenminuten entspricht, beruht nach ASHER[3] seine Sichtbarkeit sowohl auf der Intensität des Lichtes wie auf der Größe der belichteten Fläche; bei gleichen Lichtempfindungen ist das Produkt der Lichtintensität und belichteten Fläche konstant. Die Sichtbarkeit großflächigen Lichtes dagegen hängt in der Hauptsache nur von der Lichtintensität ab.

Im täglichen Leben haben wir es im allgemeinen mit längeren und großflächigeren Lichtreizen zu tun. Ganz kurzdauerndes, punktkleines Licht tritt uns fast ausschließlich beim Versuch entgegen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bildet also die physikalische Lichtintensität, d. h. die Energie des Lichtes pro Flächen- und Zeiteinheit, den Reiz der Lichtempfindungen, während unter den besonderen Verhältnissen der Versuchsanordnung, bei sehr kurzen oder kleinflächigen Lichtreizen, die Lichtintensität nicht ausschließlich den Lichtempfindungsreiz bildet, sondern auch die im Reize integrierte Lichtdauer. In den selteneren Fällen sind darum die Reize zusammengesetztere Größen.

Ähnlich dürften die Verhältnisse auch auf dem Gebiete der Bewegungswahrnehmungen liegen. Die ursprünglichen Beurteilungen und Vergleichungen der Schwere der Bewegungen betreffen nur den eigenen Körper und die eigenen Glieder, deren Maße immer gleich ist. Die Vergleichung von Bewegungen, die mit verschieden großen Maßen ausgeführt werden, ist wie auch derartige Bewegungen, eine spätere Erwerbung, das hauptsächlich mit der für solche Bewegungen verwendeten Tätigkeit der Hand in Verbindung steht. Die gewöhnliche, bei jeder Rumpf- oder Gliedbewegung auftretende, wiewohl im allgemeinen uns nur schwach zum Bewußtsein kommende Kraftempfindung beruht demnach auf unserer Muskelkraft, der Spannung der Muskeln, oder, wie wir darlegten, auf der Muskelenergieproduktion in der Zeiteinheit. Wenn man verschieden große Massen miteinander vergleicht, so wird, wie auch auf dem Gebiete des Gesichtssinnes unter ungewöhnlicheren Verhältnissen, der Reiz der Kraftempfindungen, ihre Grundlage, zusammengesetzter, auch die Zeitdauer der Bewegungen wird von Bedeutung. Man könnte sagen, daß die Kraftempfindung in diesem Falle auf der Muskelkraft beruht, aber in die Zeit „die spezifische Form unseres inneren Sinnes", projiziert ist.

Nach HILL ist der Muskel eine Maschine, die Spannung entwickelt, bei deren Tätigkeit die Energieproduktion der hervorgerufenen Spannung entspricht. Welches sind die Receptoren, durch die der Reiz der Muskelspannung oder Energieproduktion zum Zentralnervensystem geleitet wird? Aller Wahrscheinlichkeit nach die in den sog. Muskelspindeln befindlichen merkwürdigen Endapparate. SHERRINGTON hat gezeigt, daß, wenn die hinteren Wurzeln des Rückenmarkes durchgeschnitten werden, ungefähr ein Drittel oder die Hälfte der Muskelnervenfasern, d. h. die afferenten Fasern und ihre Endapparate in den Muskelspindeln degenerieren. Diese Endapparate sind erwiesenermaßen die Vermittler der Muskelreflexe. Ihre Form ist verschieden, doch will ich sie hier weiter nicht behandeln. In den von ihnen ausgehenden afferenten Nerven wird der Reiz zu den Rückenmarkhintersträngen und -seitensträngen geleitet, wo die Bahnen ungekreuzt verlaufen, um schließlich teils im Vermis des Kleinhirns, teils in der Schleife zu enden.

Bevor wir zur Physiologie der Wahrnehmung von Bewegungsstrecken übergehen, wollen wir noch kurz die Frage zu beantworten versuchen, welches die kleinste bei Muskelbewegung auftretende Kraft ist, die wir feststellen können, welches also der Schwellenwert der Kraftempfindung ist. Diesen Schwellenwert können wir folgendermaßen konstatieren[1]: Der rechte Zeigefinger und die Umgebung seines Basalgelenkes wird durch eine perineurale Novocain-Suprarenineinspritzung anästhesiert. Danach ist die Beurteilung der Fingerbewegungen sehr unbestimmt. Wir ziehen dann über den Finger einen Fingerling aus Gummi, auf den in der Gegend des Fingerballens eine kleine Scheibe geleimt ist. Auf die Scheibe setzen wir in der Versuchsserie verschieden große Gewichte und probieren aus, welches das kleinste Gewicht ist, das die Versuchsperson bei Beugung des Fingers konstatieren kann, wobei sie also Schwereempfindung hat, während die Beugung des bloßen Fingers sozusagen von selbst vor sich geht. Es zeigt sich dann, daß das kleinste empfundene, auf die Fingerspitze gestellte

[1] BLOCH, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. **2**, 1885; nach v. KRIES: Allgemeine Sinnesphysiologie. 1923, S. 147.

[2] CHARPENTIER, Arch. d'opht. **10**, 110. 1890.

[3] ASHER, Zeitschr. f. Biol. **17**, 394. 1897. Siehe v. KRIES, Allgemeine Sinnesphysiologie.

[1] RENQVIST, Zeitschr. f. Biol. **85**, 391. 1927.

Gewicht 8—10 g beträgt. Wenn man berücksichtigt, daß diese Konstatierung nur durch die Muskeln erfolgen kann, da alle anderen in Frage kommenden Receptoren ja anästhesiert sind, kann man berechnen, daß die Muskelkraft, die erforderlich ist, um das betreffende Schwellengewicht zu heben, ungefähr 100 g beträgt.

Wenn derselbe Versuch mit Abduktion des Zeigefingers ausgeführt wird, erhält man als Schwellenwert des Gewichtes an der Fingerspitze 3—4 g und als entsprechenden Schwellenwert der Muskelkraft 34—39 g. Woher kommt es, daß bei Beugung des Fingers der Schwellenwert der Kraft 100 g beträgt, aber bei Abduktion nur 35 g? Wenn wir berücksichtigen, welche Muskeln bei jeder Bewegung in Tätigkeit sind und außerdem die Hebelverhältnisse der Muskeln in Betracht ziehen, können wir berechnen, wie groß die Schwellenkräfte pro Einheit der Muskelquerschnitte, z. B. pro Quadratzentimeter bei Beugung und Abduktion des Fingers sind. Es zeigt sich dann, daß sie pro Quadratzentimeter, bei Beugung und Abduktion gleich groß, nämlich ungefähr 53 g sind. Bei beiden Bewegungen des Fingers ist also der Schwellenwert pro Einheit der Muskelquerschnitte gleich groß.

Wir wissen, daß die sog. absolute oder maximale Muskelkraft ungefähr 9 kg pro Quadratzentimeter beträgt. Die der Schwellenempfindung entsprechende Kraft war 53 g, also ungefähr 5—6‰ der vorigen. Nach dem „Alles- oder Nichts"-Gesetze sind bei maximaler Kontraktion des Muskels alle seine Fasern in Tätigkeit. In einem der Schwellenempfindung entsprechenden Spannungszustand des Muskels wären also nur ungefähr 5‰ seiner Fasern im Kontraktionszustand.

Wir wenden uns dann der Physiologie der Wahrnehmung von Bewegungsstrecken zu. Hier treffen wir ganz andere Verhältnisse. v. FREY[1] hat gezeigt, daß das Bewußtsein der Amplitude einer von einem Glied ausgeführten Bewegung und der Stellung des Gliedes nicht wesentlich auf der Muskelfunktion oder der Funktion der Endkörperchen in der Haut beruht. Wenn die Versuche so angeordnet werden, daß eine evtl. Mitwirkung der auf der Muskelfunktion beruhenden Kraftempfindungen und auch der Hautempfindungen bei der Beurteilung der Stellung des Gliedes eliminiert ist, vermag die Versuchsperson jedoch die Amplitude der ausgeführten Bewegungen mit ebenso großer Genauigkeit anzugeben, wie unter ganz normalen Verhältnissen. Die Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt. Mit einem besonders konstruierten Ergometer führt die Versuchsperson eine Reihe von Beugungen des Zeigefingers aus, deren Amplituden nach ihrer Beurteilung gleich sind. Wenn die durchschnittliche Krümmungsstrecke 15 mm beträgt, so macht die Versuchsperson einen durchschnittlichen Fehler von 0,76 mm. Wenn nun um die vier in den Finger führenden Nerven perineural eine Novocain-Suprareninlösung gespritzt wird und die Versuchsperson den Versuch wiederholt, so zeigt sich, daß, wenn in einem solchen anästhesierten Finger die Amplituden als gleich groß empfunden werden, der durchschnittliche Fehler fast ebenso groß ist wie vorher, nämlich 0,73 mm. Die Wahrnehmung der Bewegungsstrecke beruht daher nicht auf Hautempfindungen. Die Kraftempfindungen werden dann wieder auf die Weise eliminiert, daß die Versuchsperson, ohne es zu wissen, die Krümmung bald gegen eine größere, bald gegen eine kleinere, durch eine Feder gebildete Kraft auszuführen hat. Die Kraftempfindungen sind so bei den verschiedenen Krümmungen verschieden groß und die Beurteilung der Streckenamplitude kann nicht auf ihnen beruhen. Wenn der Versuch in dieser Weise ausgeführt wird, wird seine Genauigkeit jedoch nicht geringer, sondern der Fehlerdurchschnitt ist ungefähr ebenso groß wie vorher, nämlich 0,70 mm. Worauf gründet die Versuchsperson ihre Beurteilung der Amplitude der ausgeführten Strecken? Aus dem Finger selbst kann kein Reiz weitergeleitet werden, denn der Finger, Haut sowohl wie Gewebe, sind vollständig anästhesiert. Der Reiz, auf dem die Beurteilung der Bewegungsstrecke beruht, muß daher aus den mehr proximalen Teilen herrühren. v. FREY weist jetzt darauf hin, daß man die Bewegungsamplitude beurteilen kann, wenn die Formänderung der Muskeln, ihre Verkürzung und Verdickung, die gegenseitige Verschiebung der Faserbündel gegeneinander zum Bewußtsein kämen. Als Vermittler würde das die Muskeln umgebende und in sie eindringende kollagene Bindegewebe in Frage kommen. PETERSEN[1] hat neulich dargelegt, wie das von den Fasern des Bindegewebes gebildete netzförmige Gewebe, Bewegung der Muskeln gegeneinander und gegen die umgebenden Teile ermöglich, ohne daß Zerreißungen eintreten. Die Dehnbarkeit der Bindehautfasern ist mehrere hundertmal geringer als die der Muskeln und elastischen Fasern. Bei Muskelkontraktionen dehnen sich die Bindegewebefasern nicht, sondern sie lagern sich nur neu wie die Fäden in einem Strickstrumpf sich beim Dehnen des Strumpfes neu lagern. In der Beziehung eignet sich das die Muskeln umgebende Bindegewebe auch sehr gut, als Vermittler für die Empfindung der Stellung und der Bewegungsamplitude zu dienen, daß in ihm sich sensible Körperchen befinden, deren Funktion bisher nicht bekannt gewesen ist, d. h. die sog. VATER-PACINIschen und GOLGI-MANZONIschen Lamellenkörperchen. In der Distalrichtung der Glieder nimmt ihre Zahl zu, was auch, wenn man die größere Genauigkeit und Mannigfaltigkeit der Bewegungen der distaleren Gliederabschnitte in Betracht zieht, ihre obenerwähnte Bedeutung auch wahrscheinlich macht.

v. FREY nennt die hier in Frage stehenden Empfindungen Stellempfindungen. Die Bezeichnung hat er entsprechend dem Ausdruck „Stell-

[1] v. FREY, Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 104, 821. 1926.

[1] H. PETERSEN, Naturwissenschaften 13, H. 15. 1925.

reflexe" von MAGNUS[1] gebildet. Letzterer hat gezeigt, daß die reflektorischen Gliederbewegungen (Beuge- und Streckbewegungen) unter anderem auch von der Stellung des Gliedes abhängig sind. Die reflektorische Beugebewegung kann, je nach der Stellung, zur Streckbewegung werden und umgekehrt, so daß hier die Vermittlungstätigkeit des Rückenmarkes von der Gliederstellung beeinflußt wird. MAGNUS hat bei solchen Versuchen die Gelenke und die Haut anästhesiert, ohne daß das von Einfluß auf die Resultate war. Er folgert darum, daß die afferenten Bahnen in den zentripetalen Nerven der Muskeln verlaufen. Auf Grund der Versuche v. FREYS ist es doch wohl wahrscheinlicher, daß die Lamellenkörperchen des Bindegewebes bei diesen Reflexen die Endorgane der afferenten Bahnen sind. Dafür spricht auch die Beobachtung von MAGNUS, daß das Reflexergebnis nicht davon abhängt, ob das Glied mit Hilfe äußerer Kräfte oder der eigenen Muskelkräfte in die Ausgangsstellung gebracht wird; die Muskelspannung hat nicht Bedeutung für das Reflexergebnis.

v. FREYS Untersuchungen zeigen also, daß die Wahrnehmung der Gliederstellung und Bewegungsamplitude unabhängig von der Wahrnehmung der Muskelkraft vor sich geht und wahrscheinlich auf der Vermittlung ganz anderer, außerhalb der Muskeln liegender Rezeptoren beruht.

Wir fragten zu Anfang dieses Aufsatzes, ob es angebracht sei, bei Bewegungswahrnehmungen die Empfindungen der Muskelkraft und der Bewegungsstrecke auseinanderzuhalten. Die obige Darlegung, die zeigte, daß der Reiz der Kraftempfindung eine genau definierbare physikalische Größe ist, nämlich Muskelkraft oder Kraft mal deren Wirkungszeit, oder die Energieproduktion der Muskeln in der Zeiteinheit oder in ihrer Gesamtheit während der Kontraktion, und daß andererseits die Stellempfindung nur auf der Größe der Strecke beruht und unabhängig von der Kontraktionskraft ist, berechtigt uns, diese Empfindungen als zweckmäßige Teile in der Gesamtwahrnehmung der Bewegung anzusehen. Denn die Empfindungen sind ganz exakt nur mit Hilfe ihrer Reize zu beschreiben. Wenn man den Reiz so genau definieren kann, wie oben geschah, sind die entsprechenden Empfindungen für unser Denken begrifflich so klar dargelegt, wie das überhaupt nur möglich ist. Nur in der Physik sind unsere Begriffe ganz genau und wir können deshalb, wenn wir unsere Bewußtseinsinhalte analysieren, Exaktheit nur dann erreichen, wenn wir mit physikalischen Begriffen arbeiten; exakt kann die Empfindung aber nur mit Hilfe seines Reizes, seiner Reizgröße ausgedrückt werden. Wenn dieser Reiz genau zu definieren ist, so ist es auch der Bewußtseinsinhalt. Wenn der Reiz eine einfache physikalische Größe, ein einfacher Begriff ist, so ist auch der Bewußtseinsinhalt begrifflich einfach und solche Bewußtseinsinhalte nennen wir eben Empfindungen. Die genau bestimmten Reize berechtigen uns von Kraft- und Stellempfindungen zu sprechen. Aber auch die wahrscheinlichen, auf jedem Empfindungsgebiet besonderen Rezeptoren bestätigen das.

Die Muskeln und das Nervensystem sind merkwürdige Apparate. Die Kraft, die Energie, welche sie unter Einwirkung der zentralen Impulse entwickeln, wird wieder Reiz, in der sensorischen Funktion des Zentralnervensystems. Mit denselben Begriffen Kraft, Energie, können wir die motorischen wie sensorischen Funktionen dieses Apparates beschreiben.

Auf dem Gebiete der Muskelbewegungswahrnehmungen ist also die Behandlung der Empfindungen mit Hilfe der ihnen entsprechenden physikalischen Reize erschöpfend möglich. Dagegen ist die Behandlung der Gesichtswahrnehmungen mit Hilfe der ihnen entsprechenden optisch-physikalischen Reizgrößen bekanntlich nicht erschöpfend möglich, was auf der Komplexität des der Gesichtswahrnehmungsgestalt entsprechenden äußeren physikalisch-optischen Reizsystems beruht. Die Reizgröße der Muskelbewegungswahrnehmungen ist dagegen sozusagen ein mechanisches System, das begrifflich völlig klar ist.

Ein zweiter und noch wesentlicherer Unterschied zwischen den Gesichtswahrnehmungen und den Muskelbewegungswahrnehmungen besteht darin, daß die vollständige Inkonformität, die zwischen der Art der inneren Gesichtswahrnehmung und dem äußeren physikalischen Lichtreiz herrscht, zwischen der Muskelbewegungswahrnehmung und deren Reiz nicht vorhanden ist. Der physikalische Kraftbegriff ist von der Kraftempfindung hergeleitet; welcher Zusammenhang besteht aber zwischen einer Farbenempfindung und der Auffassung, die wir in der Physik von der Beschaffenheit der Lichtstrahlen haben?

Der physikalische Kraftbegriff ist wahrscheinlich eine direkte Herleitung von der Kraftempfindung unserer Muskelbewegung; wir dürfen wohl behaupten, daß der Kraftbegriff gar nicht entstanden wäre, wenn wir keine aktiven Muskelbewegungen ausführen könnten. Ebenso haben sich wohl die Begriffe der Strecke und der Geschwindigkeit mit den Empfindungsinhalten der Strecke und Geschwindigkeit der Muskelbewegung als hauptsächlicher Grundlage entwickelt. Es haben sich also auf der eigenen Basis der Muskelbewegungswahrnehmungen die Begriffe herausgebildet, mittels deren wir die mechanische Bewegung definieren und mit deren Hilfe wir dann andererseits die äußeren Reize unserer Bewegungswahrnehmungen definieren können.

Diese, vorzugsweise auf der Basis der Muskelbewegungswahrnehmungen herausgebildeten Begriffe, welche also mechanischer Art sind, werden nun auch zur Beschreibung der Reize der Gesichtswahrnehmungen angewandt. Hierin steckt wohl wenigstens teilweise die Ursache zu der Inkon-

[1] MAGNUS, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 130, 219 u. 253. 1909. Siehe auch MAGNUS, Die Körperstellung. Springer. Berlin 1924.

formität von Wahrnehmung und Reiz auf dem Gebiet des Gesichtssinnes.

Vielleicht hat dieser selbe Umstand auch an der im Gebiete der physikalischen Optik und Strahlungslehre auftretenden Schwierigkeit teil, die sich in der Verbindung physikalischer Beobachtungsergebnisse zu begrifflichen Theorien kundtut. Möglicherweise kann die Einführung weniger mechanischer Begriffe in die neueste physikalische Strahlungslehre teilweise hiervon herrühren.

Ich möchte noch einige Worte einer Frage widmen, die wohl in naher Beziehung zum oben erwähnten steht. Die Frage ist eine oft wiederholte. Ist die Bewegungswahrnehmung bei einer aktiven Bewegung von dem vom Zentralnervensystem ausgehenden Impulse abhängig oder ist sie nur rein peripherisch bedingt. Mit HILLS Ergometer läßt sich diese Frage auf folgende Weise untersuchen[1]. Die Versuchsperson hat zwei mit dem Ergometer ausgeführte Bewegungen auf ihre Schwere zu vergleichen; die eine dieser Bewegungen ist willkürlich, die andere dagegen durch einen elektrischen Strom bedingt. Wenn nun zunächst die zu bewegende träge Masse bei den Versuchen konstant gehalten wird, zeigt sich, daß bei gleicher Größe der Bewegungskräfte auch die Bewegungen gleich schwer erscheinen. Zu demselben Resultat kommt man auch, wenn die Größe der Beugungen nicht gleich groß ist.

Die Gleichheit der Kraftempfindungen beruht also, wenn die Bewegungen mit derselben trägen Masse ausgeführt sind, mögen sie nun beide willkürlich sein, wie bei den früher besprochenen Versuchen, oder mag der eine willkürlich und der andere durch einen elektrischen Reiz veranlaßt sein, immer auf der gleichen Größe der Muskelkraft. Die Spannungsempfindung der Beugung der elektrisch gereizten Armbewegung beruht darum, genau so wie die Spannungsempfindung der willkürlichen Armkrümmung, nur auf der von den Armmuskeln entwickelten Kraft. Die einzig mögliche Folgerung daraus ist wohl die, daß der zentrale Willensimpuls keine Bedeutung hat für die Empfindung der Spannung der von ihm veranlaßten Bewegung.

Bei Ausführung von zwei willkürlichen Bewegungen mit verschiedenen trägen Massen beruhte die Äquivalenz der Kraftempfindungen auf der Äquivalenz der Spannungszeiten. Dasselbe Verhalten findet nun auch statt, wenn nur die eine Bewegung vom Willensimpuls, die andere dagegen elektrisch veranlaßt ist. Demnach ist die Reizgrundlage der Kraftempfindung bei einer elektrisch gereizten Bewegung dieselbe wie die einer willensbedingten Bewegung, auch wenn die in die Bewegung eingesetzten Massen verschieden groß sind. Der Innervationsimpuls scheint für die Empfindung der Bewegungsspannung keine Bedeutung zu haben. Es scheint, als ob der Prozeß, welcher der Bewegungsschwereempfindung zugrunde liegt, an die peripheren Receptoren gebunden wäre. Das ließe sich so ausdrücken, daß die durch diese Receptoren (Muskelspindeln?) vermittelte Empfindung auf der Spannung oder Spannungszeit der Muskeln oder, was gleichbedeutend ist, auf der vom Muskel entwickelten Energie beruht, daß aber das Ergebnis der Reaktion der Receptoren, die Empfindung, ganz unabhängig ist von der Art und Weise, wie die Muskelkraft oder Energie zur Entwicklung gebracht ist.

Zum Schluß soll noch darauf hingewiesen werden, daß Untersuchungen dieser Art evtl. für zwei Gebiete von Bedeutung sein können. Die Analyse von zentralnervös bedingten motorischen und sensorischen Störungen könnte vielleicht aus einer möglichst exakten Untersuchung der Bewegungswahrnehmungen Nutzen ziehen, vor allem, wo man jetzt die Grundlagen der Bewegungsempfindungen des gesunden Menschen allmählich kennenlernt. Und dann steht ja die Psychophysik der Bewegungsempfindungen in naher Beziehung zu den psychologischen Grundlagen der Mechanik.

[1] RENQVIST, Skandinav. Arch. f. Physiol. 51, 316. 1927.

## Besprechungen.

**Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Bd. VII: Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper. Redigiert von R. GRAMMEL. Berlin: Julius Springer 1927. XI, 413 S. und 290 Abb. 17×26 cm. Preis geh. RM 34.50, geb. RM 36.60.

Der vorliegende Band kommt in doppelter Hinsicht erwünscht: er reiht sich nicht nur im Rahmen des Handbuches der Physik seinen Vorgängern würdig an, sondern auch außerhalb des Handbuches gab es bisher keine derartige Zusammenfassung des heutigen Standes unserer Kenntnis von der Flüssigkeitsbewegung. Neben den rein hydrodynamisch-mathematischen Standardwerken und den zahlreichen, vielfach mit großem Fleiß verfaßten Lehrbüchern der praktischen Hydraulik, der Gas- und Aerodynamik gab es nur ganz wenige einwandfreie Werke mit viel spezieller gefaßtem Inhalt, so daß ein Überblick über das Wissensgebiet und namentlich eine Wertung der Bemühungen und Erfolge der letzten Jahrzehnte auch bei Spezialstudium der Einzelarbeiten in Zeitschriften nur mühevoll zu erlangen war.

Für die Bearbeitung der Einzelkapitel sind wieder erstklassige Autoren gewonnen worden, die zum Teil selbst schöpferisch am derzeitigen Gesicht des betreffenden Wissensgebietes mitgearbeitet haben. Schon dadurch ist beste Gewähr für das Niveau des Gebotenen und im allgemeinen auch für die Stoffauswahl und die Verankerung der Einzelansätze im Rahmen des Ganzen gegeben. Die Wertung, die von einem anerkannten Autor vorgenommen wird, die mehr oder weniger scharfe Formulierung auf den Gebieten, die sich mathematisch-formal nicht immer widerspruchsfrei festlegen lassen, sondern durch die mehr physikalisch-empirisch-heuristische Natur des bisher vorliegenden Stoffes aus der persönlichen Einstellung des Autors ergeben, beansprucht daher achtungsvolle Geltung auch dem Spezialisten gegenüber, der an einigen (übrigens sehr wenigen) Stellen vorsichtigere Formulierung zur Er-

zielung größerer und in der Zukunft dauernderer Allgemeingültigkeit oder schärfere Herausarbeitung von empirisch-heuristischen Grundlagen gegenüber ihrer analytischen Verarbeitung zu Folgerungen gewünscht hätte.

Es entsteht weiter die Frage, ob das Gebotene nicht an Übersichtlichkeit (— daß diese in hohem, ausgezeichnetem Maße vermittelt wird, wurde bereits angedeutet —) weiter gewonnen hätte, wenn die kinematisch-geometrischen Grundlagen, soweit sie für ideale und zähe (tropfbare) Flüssigkeiten, sowie für Gase gemeinsam gelten, in einem besonderen Kapitel vorweggenommen worden wären; in der vorliegenden Fassung geht die Darlegung des Begriffes der idealen Flüssigkeit diesen Ausführungen voraus und im Kapitel der zähen Flüssigkeiten sind Rückverweisungen nötig. Eine etwas größere Ausführlichkeit (auch nach der experimentellen Seite hin) und Verankerung mit den bei den idealen und zähen Flüssigkeiten vorgetragenen Tatsachen dürfte bei einer späteren Auflage für die in sich meisterlich behandelten „Wasserströmungen" vorzuschlagen sein; denn in dieser Richtung wird einer der wesentlichsten zu erwartenden Fortschritte liegen. In diesem Sinne ausgezeichnet ist vornehmlich das Kapitel „Tragflügel und hydraulische Maschinen", sowie auch die „Gasdynamik". Das Kapitel „Capillarität" ist bei knapper Fassung eine vorbildliche Übersicht dieses Sondergebietes.

Die „idealen Flüssigkeiten" (S. 1—89) sind von LAGALLY, Dresden, behandelt und gliedern sich in sehr klarer Weise nach Darlegung der allgemein-theoretischen Grundlagen und Methoden in die Erläuterung der ebenen Potentialströmung und Strahlbildung, Wellen, Wirbel, Zirkulation und Auftrieb (Tragflügeltheorie). Die Strenge der Darstellung bei dem rein analytischen Charakter des Stoffes macht dies Kapitel vom formalen Standpunkt aus zum genußreichsten des Buches. Das gleiche gilt von den, von HOPF, Aachen, auf S. 90—171 behandelten „zähen Flüssigkeiten", solange der Boden der reinen Analysis (NEWTONscher Zähigkeitsansatz, auch Ähnlichkeitsbetrachtungen) nicht verlassen zu werden braucht. Darüber hinaus hat das Wissensgebiet zwar den Vorteil physikalisch-schöpferischen Charakters, aber auch alle Ungewißheit und empirische Heuristik des noch unabgeschlossenen und zumeist auch unbefriedigenden Tastens infolge unserer Unkenntnis der eigentlichen Vorgänge; das gilt vom Zusammenwirken von Trägheit und Zähigkeit bei Erscheinungen in „Flüssigkeiten mit kleiner Reibung", den Begriffen Grenzschicht, Ablösung, Turbulenz, Rauhigkeit, Körperwiderstand. Bei der in der Materie liegenden außerordentlich großen Schwierigkeit einer vollständigen, wägenden Erläuterung dieses schwierigsten Gebietes der Flüssigkeitsbewegung muß die erreichte Art der Darstellung, ihre Überzeugungskraft und Anschaulichkeit als sehr glücklich bezeichnet werden. Die „Wasserströmungen" (S. 172—213), und zwar gleichförmige, stationäre, nichtstationäre Strömung, Strömung bei unstetiger Wandung, Ausfluß und Überfall, sowie Wasserstoß behandelte Altmeister PH. FORCHHEIMER, Wien, die „Tragflügel und hydraulischen Maschinen" (S. 214—288) mit Ausnahme der Pumpen und Pressen, die an anderer Stelle des Handbuches behandelt sind, BETZ, Göttingen; die „Gasdynamik" (S. 289—340) ACKERET, Göttingen; „Capillarität" (S. 343—407) GYÉMANT, Charlottenburg.

Durch den vorliegenden Band ist die physikalische Literatur, im speziellen aber auch die Literatur der Strömungslehre um ein wertvolles Werk erster Fachleute bereichert worden. FR. EISNER, Berlin.

**Handbuch der Experimentalphysik**, herausgegeben von W. WIEN und E. HARMS. Bd. VI: Capillarität und Oberflächenspannung, bearbeitet von G. BAKKER. XV, 458 S. und 114 Abbildungen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1928. 17×24 cm. Preis geh. RM 42.—, geb. RM 44.—.

Eine stattliche Monographie des Gegenstandes, geschrieben von einem Spezialisten in diesem Zweige der physikalischen Wissenschaft, besonders der Theorie.

Ich gebe hier den Inhalt des Buches wieder:

I. Einleitung und grundlegende Betrachtungen (33 S.). II. Theorie von LAPLACE und Verallgemeinerung dieser Theorie (17 S.). III. Theorien von GAUSS und F. NEUMANN. Bemerkungen und Verallgemeinerung dieser Theorien (20 S.). IV. Die Gestalt der Capillarfläche (69 S.). V. Methoden zur Bestimmung der Capillarkonstanten von Flüssigkeiten (48 S.). VI. Einfluß der Temperatur auf die Oberflächenspannung und Zusammenhang der Oberflächenspannung mit anderen Größen (24 S.). VII. Resultate der Konstantenbestimmungen. Zusammenfassende Tabellen (43 S.). VIII. Die Oberflächenspannung fester Stoffe (16 S.). IX. Spezielle Betrachtung über das Gleichgewicht zwischen Flüssigkeit und Dampf (5 S.). X. Thermodynamik der Capillarschicht (31 S.). XI. Verunreinigung von Flüssigkeitsoberflächen. Ölschichten usw. (19 S.). XII. Die Untersuchungen über Ölschichten usw. durch HARKINS und seine Mitarbeiter und durch LANGMUIR und ADAM (41 S.). XIII. Dünne Lamellen (6 S.). XIV. Die Anwendung des Öles zur Dämpfung der Wellen auf Wasseroberflächen (5 S.). XV. Capillarität als räumlich verteilte Energie, wobei die Capillarschicht als eine stetige Übergangsschicht zwischen Flüssigkeit und Dampf betrachtet wird (76 S.).

Wie wohl zu erwarten war, hat der Verf. das letzte Kapitel mit besonderer Vorliebe behandelt, ohne jedoch die anderen zu vernachlässigen, denn auch die für den Mathematiker und für den Experimentator interessanteren Kapitel IV und V sind recht ausführlich behandelt worden.

Wie man sieht, hat der Verf. den Erscheinungen der Ausbreitung monomolekularer Schichten (eines sog. zweidimensionalen Gases) an der Oberfläche einer Flüssigkeit ein spezielles Kapitel (XI) gewidmet, sowie auch an den Untersuchungen LANGMUIRS über den Bau solcher Oberflächenschichten (Kapitel XII).

Gewiß ist es mit Absicht, daß der Verf. kein Kapitel über Elektrocapillarität eingefügt hat; auch ich bin der Ansicht, daß die elektrocapillaren Erscheinungen besser in der Elektrizität behandelt werden. Wohl aber hätte ich etwas mehr über die Oberflächenenergie der Krystalle und die elektrische Theorie der Oberflächenspannung erwartet. Gerne hätte ich im Buche auch etwas gefunden über den Einfluß von Gasdruck auf der Oberflächenspannung und über Oberflächenspannung von Gemischen in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bis im kritischen Gebiet, obwohl fast noch keine Untersuchungen darüber vorliegen.

Das Buch wird sicher von großem Nutzen sein für einen, der die Capillarität, sei es experimentell, theoretisch oder mathematisch, einstudieren und pflegen will. J. E. VERSCHAFFELT, Gent.

SACKUR, OTTO, **Lehrbuch der Thermochemie und Thermodynamik**. 2. Auflage von CL. v. SIMSON. Berlin: Julius Springer 1928. XVI, 347 S. und 58 Abbild. 16×24 cm. Preis geh. RM 18.—, geb. RM 19.40.

Die 1912 erschienene 1. Auflage des Lehrbuchs von SACKUR ist schon seit einer Reihe von Jahren ver-

griffen und eine neue Auflage wurde dringend gewünscht. Denn wenn es auch andere zum Teil vollständigere und exaktere Lehrbücher gibt, so hatte das SACKURsche Buch doch besonderen didaktischen Wert. Die Grundbegriffe und Gesetze wurden hier in schlichter, anschaulicher, dem Gedankenkreis des Experimentalphysikers und Chemikers angepaßter Weise entwickelt und dadurch die Schwierigkeit beseitigt, die jeder Anfänger bei der Unterordnung des experimentell Festgestellten unter die ihm in der Theorie bereits geläufigen Gesetze empfindet.

Bei der Herausgabe einer neuen Auflage ergab sich naturgemäß die Aufgabe, dem Buch diesen seinen Wert ausmachenden Charakter zu erhalten, einige störende Fehler zu beseitigen und schließlich der inzwischen erfolgten Weiterentwicklung des Gebiets Rechnung zu tragen.

Die neue Auflage ist von Frl. v. SIMSON bearbeitet worden und entspricht im ganzen den Erwartungen, die man hegen durfte.

Der gedankliche Aufbau ist gewahrt worden. Im 2. Kapitel — Verhalten der Stoffe beim Erwärmen — wurde eine Umgruppierung vorgenommen. Die nunmehrige Reihenfolge — Aggregatzustände, Zustandsgleichung, spez. Wärme — ist glücklicher als die von SACKUR gewählte Anordnung: Spez. Wärme fester Stoffe, Schmelzen usw. Insbesondere wird durch die Behandlung der Gase unter Heranziehung der Grundzüge der kinetischen Gastheorie die kinetische Deutung der spez. Wärmen naturgemäß vorbereitet.

Die nächsten Kapitel über den 1. Hauptsatz und seine Anwendungen sind wenig geändert. Die Behandlung des JOULE-THOMSON-Effekts ist hier richtigerweise ausgelassen worden und erscheint später in korrigierter Fassung.

Die schöne Darlegung des 2. Hauptsatzes und Einführung des Entropiebegriffs ist geblieben. In dem Abschnitt „Freie Energie und thermodynamisches Potential" sind die in jüngster Zeit von einigen Autoren benutzten Ausdrücke „Freie Energie bei konstantem Volumen" und „Freie Energie bei konstantem Druck" und dementsprechend die Symbole $F_{(v)} \cdot F_{(p)}$ benutzt worden. Diese aus einer speziellen Anwendungsgelegenheit der Funktionen hergeleiteten Ausdrücke sind irreführend und sollten baldigst aus der Literatur verschwinden.

Tatsächlich wird in den weiteren Kapiteln des Buches, die die Anwendungen des 2. Hauptsatzes auf die verschiedenen physikalisch-chemischen Systeme enthalten, von den beiden Funktionen nur gelegentlich, und dann nach wie vor nicht immer richtig Gebrauch gemacht. So ist z. B. die Herleitung der CLAUSIUS-CLAPEYRONschen Gleichung mittels der freien Energie wieder unrichtig. Das allgemeine Verteilungsgesetz wird wie früher in der irrtümlichen Form $p_1 \cdot dv_1 = p_2 \cdot dv_2$ gebracht und sogar durch ein experimentelles Beispiel belegt. Gleich hinterher wird aber die richtige Beziehung $v_1 \cdot dp_2 = v_2 \cdot dp_2$ abgeleitet.

Berichtigt ist insbesondere die Ableitung der Gesetze des chemischen Gasgleichgewichts mittels der Entropie. Es wäre erwünscht gewesen, wenn in Anbetracht der Wichtigkeit für das Folgende das Verständnis auch hier durch eine zweite anschaulichere Herleitung erleichtert worden wäre.

Wesentlich neu bearbeitet ist das letzte, den NERNSTschen Wärmesatz behandelnde Kapitel. Hier wird zunächst ein Abschnitt über die mechanische Bedeutung des 2. Hauptsatzes und des Entropiebegriffs, welcher in der 1. Auflage an früherer Stelle erschien, nachgetragen und erweitert. Dann kommt ein kurzer Abschnitt „absolute Entropie". Die Form der Darstellung entspricht hier nicht der eines elementaren Lehrbuchs, sondern nimmt — wohl der angestrebten Kürze zuliebe — einen mehr referierenden Charakter an. Die folgende Behandlung des NERNSTschen Wärmesatzes geschieht in der in neueren Darstellungen üblichen Weise.

Das Buch wird nach wie vor ein wertvolles Hilfsmittel zur Einführung in die Thermodynamik sein.

MAX VOLMER, Berlin.

LIND, S. C., **The chemical effects of alpha-particles and electrons.** II. Ed. New York: Chemical Catalog Company 1928. Preis 5 $.

Die im Jahre 1921 erschienene erste Auflage des vorliegenden Buches enthielt die erste zusammenfassende Darstellung der chemischen Wirkung von $\alpha$-Strahlen und Elektronen. Seitdem sind, vor allem durch die Untersuchungen des Verf. selbst und seiner Mitarbeiter, so viele Tatsachen und Gesichtspunkte hinzugekommen, daß die jetzige Auflage erheblich abgeändert und erweitert werden mußte.

Nach einem kurzen Überblick über die radioaktiven Erscheinungen, insbesondere die Ionisierungsfähigkeit der verschiedenen Strahlenarten, werden im 4. und 5. Kapitel die qualitativen chemischen Wirkungen der $\alpha$-Strahlen besprochen, die schon frühzeitig entdeckten augenfälligen Verfärbungs- und Zersetzungserscheinungen. Die ersten quantitativ verwertbaren Resultate liefern die Untersuchungen von CAMERON und RAMSAY über die chemischen Umsetzungen in Gasgemischen bei Zusatz von Radiumemanation. Eine systematische und quantitativ exaktere Erforschung des Gebietes beginnt mit den Arbeiten LINDS und seiner Mitarbeiter. Bei diesen und verschiedenen Versuchen anderer Forscher an gasförmigen Stoffen läßt sich einerseits die zur Wirkung gelangende $\alpha$-Strahlenmenge, etwa gemessen an der Zahl der erzeugten Ionenpaare, berechnen, andererseits die umgesetzte Gasmenge messen. Das Verhältnis der in der Zeiteinheit umgesetzten Zahl $M$ der Moleküle zu der in der Zeiteinheit erzeugten Zahl $N$ der Ionenpaare wird als Maß für die Ausbeute der $\alpha$-Strahlwirkung eingeführt. In den folgenden drei Kapiteln werden die Methoden behandelt, nach denen aus den Beobachtungen die $\frac{M}{N}$-Werte abgeleitet werden können. Zu diesem Zwecke wird die Kinetik der Reaktionen besprochen und die Korrektion, die für die ionisierende Wirkung der Rückstoßatome anzubringen ist. Im 10. Kapitel entwickelt der Verf. die von ihm schon in der 1. Auflage des vorliegenden Buches entwickelte Hypothese der „cluster"-Wirkung: Daraus, daß die $\frac{M}{N}$-Werte stets nahe bei 1 liegen (der größte, bisher beobachtete Wert ist 20), wird geschlossen, daß die Ionenbildung die chemische Umsetzung hervorruft. Durch Anlagerung neutraler Atome an die Ionen entstehen die z. B. aus e/m-Bestimmungen bekannten cluster, bei deren Neutralisation die teilnehmenden Moleküle miteinander reagieren können. An Hand dieser Hypothese werden in den folgenden Kapiteln eine große Zahl von Gasreaktionen, Kondensationen und Polymerisationen gesättigter und ungesättigter Kohlenwasserstoffe, Oxydations- und Reduktionsprozesse diskutiert. Die Katalysierung durch Zusatz von Edelgasen führt zu der Annahme, daß auch Edelgasionen als „cluster"-Zentren wirken können. Anschließend werden die chemischen Wirkungen elektrischer Entladungen behandelt, die qualitativ große Ähnlichkeit mit den $\alpha$-Strahlwirkungen haben, quan-

titativ jedoch nicht auswertbar sind. Den Schluß bilden zwei mit dem eigentlichen Gegenstand des Buches nur in losem Zusammenhang stehende Kapitel über Photochemie und Atomzertrümmerung.

Obwohl die Hypothese der „cluster"-Wirkung manche Erscheinungen gut erklärt, so muß doch darauf hingewiesen werden, daß sie mit den Befunden über die Ionenbeweglichkeit in einigen Fällen nicht in Einklang zu bringen ist. So große cluster, wie sie z. B. LIND bei der Acetylen-Kondensation annehmen muß, haben sich bisher nie nachweisen lassen. Auch in der Annahme, daß die Anregung von Schwingungs- und Elektronenenergie für die chemische Wirkung außer acht zu lassen ist, liegt eine Willkür. Die Proportionalität von chemischer Wirkung und Ionisation kann allein diese Annahme nicht rechtfertigen, denn auch die Gesamtenergie, die die α-Strahlen auf das Gas übertragen, ist sehr nahe proportional der Ionisierung. Man kann daher wohl sagen, daß über den Mechanismus der chemischen Wirksamkeit noch wenig bekannt ist.

Zweifellos wird jeder, der an dem physikalischen Verständnis der chemischen Elementarprozesse interessiert ist, in dieser Schrift nicht nur ein wertvolles, übersichtlich geordnetes Tatsachenmaterial, sondern auch viele neue Gesichtspunkte und Anregungen finden. Die klare und leicht verständliche Art der Darstellung ermöglichten auch für weitere Kreise der Physiker und Chemiker eine schnelle Orientierung über das behandelte Gebiet. H. KUHN, Göttingen.

METZNER, PAUL, **Das Mikroskop, ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie.** Zweite Auflage des gleichnamigen Werkes von A. ZIMMERMANN. Leipzig und Wien: Franz Deuticke 1928. XI, 509 S. und 372 Abbildungen im Text. 17×25 cm. Preis geh. RM 36.—, geb. RM 38.60.

Für die Bedürfnisse des wissenschaftlich Arbeitenden, besonders des Biologen, bedeuteten längere Zeit die Werke von DIPPEL und ZIMMERMANN der Jahre 1882 bzw. 1895 die Quellen für die ihm nützlichen und notwendigen Kenntnisse über Theorie, Konstruktion und Verwertung seines Instrumentes und dessen Nebenapparate. Infolge der geradezu rapiden Entwicklung der Forschungsmethoden und der damit verbundenen Anpassung der Apparatur in unserem Jahrhundert war es kein Wunder, wenn jene Werke sehr bald die Erscheinungen des Veraltens erkennen ließen. Man mußte sich im Reiche der mikroskopischen Forschung an die in Fülle herauskommenden Prospekte und Kataloge optischer Werkstätten, besonders der deutschen, halten, um die Übersicht über das Gebiet nicht zu verlieren.

Unter solchen Verhältnissen muß es daher ganz besonders freudig begrüßt werden, wenn in einem nicht zu umfangreichen Werke wie dem vorliegenden sozusagen eine neue Synthese gegeben wird — sie ist dem Herausgeber vorzüglich gelungen. Bei dem Vergleich der alten mit der neuen Auflage wird man dem Herausgeber gern zugestehen, daß er ein neues Buch geschaffen hat. Naturgemäß mußte sich die Darstellung des ersten Kapitels über die allgemeinen Abbildungsgesetze derselben Grundlagen bedienen, wie sie von ZIMMERMANN gelegt waren, aber die folgenden, das Mikroskop (II), die Lichtquellen (III), Messen, Zeichnen, Modellieren (IV), spezielle optische Untersuchungsmethoden (V), das Arbeiten mit dem Mikroskop (VI), die präparativen Arbeitsmethoden (VII), die projektiven Arbeitsmethoden (VIII), mußten ebenso notwendig zur völligen Neugestaltung führen. Ich erwähne aus dem didaktisch ausgezeichnet behandelten Inhalt speziell dieser Kapitel nur die Abschnitte über das binokulare Mikroskop, die Lichtquellen, die Ultramikroskope, das Fluorescenzmikroskop; von Kapitel VIII dürften besonders die neuesten Methoden der Mikrophotographie, die Mikrokinematographie und die Mikroradiographie interessieren.

Die von 231 auf 372 vermehrten Abbildungen sind gut, wenn man auch hier und da bei Nachbildungen photographischer Vorlagen im Interesse der Klarheit des Bildes die künftige Verwendung eines feineren Rasters wünschen möchte.

Das Ganze hat der Anlage nach durch die Weglassung der Texteinteilung in Paragraphen gewonnen, wichtig erscheinen ferner die Hinweise auf einfache Behelfsmittel bei der Ausführung mikroskopischer Arbeiten und auf die jedem größeren Kapitel beigegebene wesentliche Literatur.

Das METZNERsche Werk ist gleich wichtig wie empfehlenswert jedem mikroskopisch Arbeitenden, es könnte aber auch recht passende Verwendung als Grundlage für mikroskopische Praktika im eigentlichen Sinne des Wortes beim Hochschulunterricht finden, sind doch fast durchgängig sog. mikroskopische Kurse, vornehmlich in der Biologie, nichts anderes als mikroskopisch anatomische, physiologische, chemische usw. Übungen. A. v. LINGELSHEIM, Breslau.

GIEBEL, K., **Das Pendel.** Halle (Saale): Zentralverband der Deutschen Uhrmacher E. V. 1928. 190 S. und 107 Abb. 15×22 cm. Preis geh. RM 5.20, geb. RM 6.—.

Das vorliegende Buch ist für den Uhrmacher bestimmt; daher sind die mathematischen Hilfsmittel auf die Kenntnis des binomischen Satzes und der Kreisfunktionen beschränkt. Nach einem kurzen Abriß der Mechanik, soweit sie zum Verständnis der Theorie des Pendels notwendig ist, wird kurz das Kegelpendel und das Zykloidenpendel behandelt. Der praktischen Bedeutung entsprechend wird die Theorie des ebenen mathematischen Pendels ausführlich wiedergegeben, sodann die Abweichung vom Isochronismus in erster Näherung untersucht. Die Veränderlichkeit der Schwerebeschleunigung mit geographischer Breite und Länge, sowie der Ortshöhe muß bei der Berechnung von Uhrenpendeln berücksichtigt werden. Ein besonderer Abschnitt ist ferner der Theorie der Hemmung gewidmet. Beim physischen Pendel können Gangfehler durch Verschieben der Linse beseitigt werden; wie groß die Verschiebung bei bestimmtem Fehler sein muß, geht aus den angegebenen Formeln und Tabellen hervor. Der Einfluß der Temperatur auf den Gang der Uhr kann durch Einbau von Rostpendeln usw. kompensiert werden. Schwankungen des Luftdruckes ändern den Auftrieb des Pendels und damit die Schwingungsdauer, so daß auch hierzu besondere Maßnahmen, wie z. B. Einschluß der Uhr in ein luftdicht abschließendes Gehäuse, notwendig sind. Der Isochronismus des Pendels kann durch geeignete Aufhängung z. B. an passend gewählten Federn erzwungen werden. Der Vollständigkeit halber wird noch die Anwendung des Pendels auf andere Gebiete als die Uhrenindustrie (Seismograph) erwähnt.

Trotz der einfachen mathematischen Hilfsmittel sind alle Ergebnisse mit einem Minimum an Rechenaufwand hergeleitet und klar zusammengestellt; ein besonderer Vorzug ist es, daß alle Formeln so gefaßt sind, wie sie für zahlenmäßige Berechnungen geeignet sind. Als kleiner Mangel mag empfunden werden, daß in einzelnen Abbildungen die im Texte genannten Bezeichnungen nicht eingetragen sind (in Fig. 62 fehlt $B$ und $C'$; in Fig. 79 fehlt $x$ und $e$; in Fig. 81 fehlt $l_1$); auch mag dahingestellt sein, ob in dem einleitenden Ab-

schnitt eine Auseinandersetzung über das technische und physikalische Maßsystem notwendig war.

P. Riekert, Stuttgart.

SCHRAMM, H., **Die Schwingung als Vortriebsfaktor in Natur und Technik.** Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1927. VI, 91 S. und 54 Textabb.

Einfache Naturbeobachtungen eines Ingenieurs und Naturfreundes führen zu der Frage, welche Form des Antriebes für die Fortbewegung im Wasser oder in der Luft am zweckmäßigsten sei: die Rotation oder die einfache Pendelbewegung (bzw. Ruderbewegung). Alle Beobachtungen sprechen dafür, daß die Ruderbewegung besondere Vorteile besitzen muß, wenn gewisse Resonanzbedingungen erfüllt sind. Am augenfälligsten ist das bei der Beobachtung von Fischschwärmen oder Vogelzügen zu beobachten. Im Fischschwarm zeigen alle Individuen gleiches Tempo ihrer schwingenden Körperbewegung und annähernd gleiche Abstände. Gerät ein Fisch (z. B. beim Erhaschen einer Beute) aus dem Schwarm heraus, dann kostet es augenscheinlich einige Mühe, dem Schwarm zu folgen — sobald sich der Fisch aber dem Schwarm anschließen kann, erfolgt die Fortbewegung ungleich müheloser. Alles deutet darauf hin, daß durch die rhythmische Schwimmbewegung Schwingungen im Wasser gebildet werden, auf denen die nachfolgenden Individuen gewissermaßen nachgleiten können, wenn sie das gleiche Schwingungstempo einhalten. Ähnlich scheint die Flugleistung bei größeren Vogelzügen auf ein Minimum reduziert zu sein: auch junge oder geschwächte Vögel können noch weite Strecken im Verband zurücklegen, wenn sie nur noch ihre Flügel im Rhythmus bewegen können. Aus diesen Tatsachen wird gefolgert, daß es gelingen müsse, die Schwingbewegung auch für die Fortbewegung von Schiffen und Luftfahrzeugen auszunutzen. Verf. hat auch schon erfolgreiche Versuche in dieser Richtung unternommen und berichtet in einem Schlußabschnitt kurz über seine Erfahrungen mit einem Boot, daß durch ein langes schwingendes Ruder betrieben werden kann. Dem Heft sind eine Reihe instruktiver Bewegungsbilder von Tieren beigegeben, die aber leider gar nicht erläutert sind. Ein kleiner Irrtum bleibt schließlich noch zu berichtigen. Verf. meint, daß alle Fortbewegung im Wasser auf Ruderwirkung beruhe und daß propellerartige Rotation nicht vorkäme. Das ist nun doch der Fall. Bei gewissen Bakterien (Spirillen) und Flagellaten (z. B. Euglena) finden wir eine Fortbewegung, die in ihrer Wirkung einer Rotation völlig gleichkommt. Die „Rotation" der bewegenden Geißeln wird hier allerdings auf ganz besonderem Wege erreicht.

P. Metzner, Berlin-Dahlem.

RÖSCH, S. W., **Über Reflexphotographie.** Leipzig: S. Hirzel 1926. Preis RM 5.50.

Der Verfasser, bekannt durch zahlreiche erschöpfende Originalarbeiten über Reflexphotographie, hat hier sein Arbeitsgebiet in kurzer und übersichtlicher Weise zusammengestellt und jedem, der sich über die Möglichkeiten und Methoden dieses Gebietes zu orientieren wünscht, wird dieses Büchlein ein anregender und belehrender Wegweiser sein. Durch ausgezeichnete, vom Verlag *Springer* in gewohnter Präzision hergestellte Bilder unterstützt, schildert der Verfasser seinen Apparat und erläutert die hiermit möglichen Untersuchungsmethoden an Krystallen. Wenn man bedenkt, welch große Mühe oft das Nachzeichnen gewisser Anomalieerscheinungen verursacht hat und wie subjektiv häufig die Darstellung hierdurch beeinflußt wurde, so wird man besonders begrüßen, daß hier ein einfaches, schnelles und objektives Verfahren zur photographischen Goniometrie gewachsener und verformter Krystalle zur Verfügung steht.

H. Mark, Ludwigshafen.

EDWARDS, J. D., **Aluminium Bronze Powder and Aluminium Paint.** New York: Chemical Catalog Company 1927. 104 S. und 18 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis 3 $.

Die besten Sorten Aluminiumbronzepulver werden aus Aluminium mit einem Reinheitsgrad von 99% und mehr gefertigt. Das Metall wird durch einen mechanischen Stampfprozeß zu dünnen Blättchen ausgehämmert, die schließlich in Flocken und Schuppen zerbrechen. Um Zusammenbacken der feinen Teilchen zu verhindern, wird beim Stampfen ein wenig Schmiermittel, wie Talg, Stearinsäure, Oliven- oder Rüböl zugesetzt. Den letzten Schliff erhält das Bronzepulver in der Poliermaschine, wobei es mit einem hauchdünnen Überzug von Stearinsäure versehen wird. Als Aluminiumbronze wird auch eine Kupferaluminiumlegierung mit 10% Aluminium bezeichnet, die ein hochwertiges Goldbronzepulver liefert.

Beim Stampfen des Aluminiums ist nicht zu vermeiden, daß etwas Aluminiumoxyd entsteht; der metallische Glanz des Bronzepulvers wird dadurch nicht beeinträchtigt. Die Größe der einzelnen Teilchen des Bronzepulvers beträgt etwa 1,7 $\mu$, geht aber nach Schlenck sogar bis auf 0,25 $\mu$ herab.

Mit trocken verstäubtem Bronzepulver erfüllte Lufträume stellen ein explosives Gemisch dar. Man darf darin offene Flammen nicht brennen lassen und muß die Bildung elektrischer Funken vermeiden. Auf Wasser wirkt Bronzepulver langsam ein, wobei es sich erhitzt. Brennendes Aluminiumpulver kann daher nur durch Aufstreuen von trockenem Sand gelöscht werden. Sobald das Pulver zur Farbe verarbeitet ist, ist es jedoch völlig ungefährlich. Es wird zuweilen mit feinem Glimmerpulver verfälscht, das nur nach Lösen des Aluminiums in Salzsäure unter dem Mikroskop erkannt werden kann. Durch Ausziehen des Bronzepulvers mit Aceton bestimmt man den Gehalt an Schmiermitteln, die beim Hämmern und Polieren zugesetzt wurden und meist im Betrage von 0,3—0,5% vorhanden sind.

Eine Aluminiumölfarbe soll etwa 25% Bronzepulver enthalten. Die abgewogene Menge Bronzepulver bringt man in ein Mischgefäß, gießt einen Teil des zu verwendenden Öles darauf, rührt mit einem Holzspatel kurz um, bis das Pulver gleichmäßig verteilt ist, und fügt sofort den Rest des Öles zu unter weiterem Rühren bis zur innigen Mischung. Manche Aluminiumfarben setzen das Bronzepulver oft nach wenigen Tagen wieder ab, andere erst nach 6 Monaten und länger. Die Ursache für dieses verschiedene Verhalten ist noch nicht mit Sicherheit erkannt. Es ist deshalb zweckmäßig, die Farbe bald nach dem Mischen zu verarbeiten. Bisweilen wird die Farbe nach längerem Stehen auch dunkler, und es entwickelt sich Wasserstoffgas, wenn Wasser oder Säure im Öl vorhanden ist. Beim Verstreichen der Farbe mit einem Pinsel sollen die einzelnen Pinselstriche möglichst in derselben Richtung geführt werden; zum Verspritzen eignet sich die Bronzefarbe besonders gut, da sie vollständig ungiftig ist. Die mit einem geeigneten Öl oder Lack hergestellten Bronzefarben zeichnen sich durch gute Deckkraft, hohes Lichtreflexionsvermögen, geringe Wärmeausstrahlung, hohen Widerstand gegen Feuchtigkeit und große Haltbarkeit aus.

Für Ölfarben verwendet man gekochtes Leinöl, das noch zweckmäßig mit Luft geblasen und oxydiert ist. Dieses Öl ist zunächst zu dick und muß mit 30—60% Verdünnungsmittel (z. B. Sprit) versetzt werden. Die

Ölfarben trocknen verhältnismäßig langsam; sie sind erst nach 24—30 Stunden vollständig fest. Für Anstriche in feuchten und rauchhaltigen Räumen verwendet man am besten eine schneller trocknende Lackfarbe. Der Lack besteht aus einem Öl — auch meist Leinöl — einem Harz, wie Kongo-, Kauri-, Manilaharz, und einem flüchtigen Lösungsmittel. Man setzt auch oft noch metallische Trockner, wie Mangan- oder Kobaltverbindungen zu. Solche Lacke trocknen äußerlich schon in 2—6 Stunden, während Ölfarben zur oberflächlichen Trocknung 6—10 Stunden benötigen. Die fertigen Lackfarben enthalten zwischen 21—30% Bronzepulver. Man verwendet, wie für die Ölfarben, meist die in Amerika mit Standard Varnish bezeichnete Sorte. Beim Absieben dieses Bronzepulvers bleiben auf Sieb 150 0,6%, auf Sieb 200 12,8%, während über 85% durch Sieb 200 hindurchgehen. Die Sorte Extra Brillant Varnish ist etwas gröber, gibt einen glänzenderen Farbanstrich, der aber nicht so glatt ist wie der mit Standard Varnish. Das feinste Pulver Extra Fine Varnish benutzt man nur dann, wenn ein sehr glatter Überzug verlangt wird. Den Pyroxylinlacken, die 120 g Pyroxylin (Cellulosenitrat) im Liter enthalten, setzt man nur 10—15% Bronzepulver zu. Lösungen von Harzen, wie Schellack in Spiritus, die sog. Polituröle, können zu Bronzefarben verwendet werden, wenn kein allzu hoher Wert auf Wetterbeständigkeit des Anstrichs gelegt zu werden braucht, ebenso Lösungen von Nitrocellulose in Amylacetat.

Die Pyroxylinlacke trocknen in 10—40 Minuten, die anderen auch in weniger als einer Stunde. Bei Farben auf bitumenhaltiger Grundlage, die Asphalt, Teer, Pech in Toluol oder Xylol gelöst enthalten, muß soviel Bronzepulver benutzt werden, daß die Oberfläche des Anstriches metallisch erscheint und die schwarze Grundmasse nicht durchschimmert. Diese Farben sind wasserfest, aber gegen Sonnenlicht empfindlich. Zweckmäßig wendet man daher dort, wo ein bitumenhaltiger Grundanstrich, wie beim Eisen als Schutz gegen Rosten, erwünscht ist, als zweiten Anstrich einen Aluminiumlack an, um die Lichtbeständigkeit zu gewährleisten. Selbst Kunstharze, wie Bakelit, können zu Bronzefarben benutzt werden, vorteilhaft dann, wenn auf den Anstrich Terpentin- oder Gasolindämpfe einwirken können, die Farblacke leicht angreifen.

Die Undurchsichtigkeit eines einmaligen Bronzefarbanstriches ist größer als die eines fünffachen weißen Anstriches der besten Sorte. Wenn die Reflexionskraft des Aluminiums selbst 85% beträgt, so ist die Reflexion der besten Bronzefarbe 75%, meist liegt sie zwischen 60—75%. Extra Brillantpulver reflektieren um 2—3% mehr als die anderer Bronzepulver. Die Reflexionskraft der Farbe wird vom Öl nicht nennenswert beeinflußt; es bedingt wenig Unterschied, ob krystallhelles oder rotgefärbtes Öl verwendet wird. Gegen Schwefelwasserstoff ist Bronzefarbe beständig, wenn in dem benutzten Öle Blei als trocknendes Mittel nur in Spuren vorhanden ist. Setzt man dem Bronzepulver andere Farben zu, so entstehen Mischfarben, die für dekorative Zwecke gelegentlich Verwendung finden. Staubansammlungen finden auf Bronzeanstrichen nur in geringem Maße statt, da die Oberfläche etwas rauh ist und wenig Öl enthält. Jenkins und Croll fanden schon, daß im Gegensatz zur herrschenden Ansicht glatte, polierte Anstriche mehr Staub ansetzen als ganz schwach rauhe.

Beim Anstrich von Öltanks bietet die Bronzefarbe Schutz gegen Korrosion und gegen die Aufnahme der Sonnenwärme, so daß Ölverluste infolge Verdampfung vermindert werden. Gleich große Öltanks mit schwarzem, rotem und grauem Anstrich hatten eine um 9, 6 und 2° C höhere tägliche Schwankung der Temperatur als der mit Bronze gestrichene Tank, wodurch in einem Jahr bei schwarzem Anstrich 200 Barrels Öl, bei grauem Anstrich 100 Barrels mehr verlorengingen als beim Bronzeanstrich. Letzterer sendet im Vergleich zur Strahlung des schwarzen Körpers bei 40° C andererseits nur 30% der Wärmemenge aus, so daß er als Anstrich für elektrische und andere gewerbliche Öfen zu empfehlen ist. Bei einer Außentemperatur des Ofenmantels bis zu 200° C ist jede Bronzefarbe brauchbar, bei 250—400° C verwendet man Farben mit Politurölen oder Bakelitlacken. Trotz der geringen Wärmeausstrahlung des Bronzeanstriches wird er bei Heizkörpern, die Wärme abgeben sollen, doch mit Vorteil benutzt, da die Verminderung der Ausstrahlung im Vergleich zu einer weißen Farbe nur 11,1% beträgt.

Wenn auch ein einmaliger Bronzeanstrich äußerlich schon gut wirkt, so ist der Sicherheit wegen mindestens ein zweiter Anstrich vorzunehmen. Bei wertvollem Material sollte man drei Schichten auftragen. Selbstverständlich muß jede Schicht erst vollständig trocken sein, ehe ein neuer Anstrich erfolgt. Bei Anstrichen mit den verschiedensten Farben auf fünf Holzarten erwiesen sich nach zwei- bis dreijähriger Versuchsdauer in freier Atmosphäre die Anstriche am besten, bei denen ein dreimaliger Bronzeauftrag erfolgt war, der nach drei Jahren noch völlig unverändert war. Bei einmaligem Grundanstrich mit Bronze und zweimaligem Auftrag einer anderen Farbe war die Haltbarkeit stets besser als dort, wo nur ein dreimaliger Anstrich mit den anderen Farben vorgenommen war. Die im Holz vorhandenen Äste mußten bisher mit Terpentin oder Benzol benetzt und mit Schellack überstrichen werden, damit das an den Aststellen austretende Harz die Farbe nicht abhob. Bronzefarben können mit Ausnahme der mit Polierölen und Pyroxylinlacken hergestellten direkt auf die Aststellen aufgetragen werden. Bei porenhaltigem Holz setzt man beim ersten Anstrich nur $^1/_8$—$^3/_4$ der sonst üblichen Bronzemenge zu, damit die Oberfläche des Holzes sich mit der dünneren Farbe gut vollsaugen kann, ehe der zweite Anstrich mit normaler Bronzefarbe erfolgt. Zum Anstrich von Ziegelsteinen, Pflaster, Zement usw. wird das Material gut gewaschen und mit Schaber und Drahtbürste gereinigt. Oberflächen, die freies Alkali enthalten, wie Zement, werden mit einer Lösung von 240—360 g Zinksulfat im Liter Wasser bestrichen. Erst nach völliger Trocknung des Materials erfolgt der Anstrich mit Bronzefarbe. Poröser Zement wird wie porenhaltiges Holz behandelt. Um polierte Bronzeanstriche zu erzeugen, schmirgelt man den gut getrockneten Grundanstrich glatt und bringt einen Lacküberzug ohne Bronze darüber, der nach dem Trocknen etwas erwärmt und mit Bronzepulver bestäubt wird, worauf mit einem Tuche so lange gerieben wird, bis eine metallisch glänzende Politur erhalten ist. Ebenso kann bei Farbdrucken Bronzepulver aufgestäubt und der Überschuß abgeblasen werden. Man verwendet dabei das sog. Lithopulver, das wenig Schmiermittel beim Stampfen erhalten hat, damit das Pulver an den nicht mit Farbe bedeckten Stellen möglichst wenig haftet. Es gibt wieder drei Sorten: Extra Brillant Litho, Standard Litho und Extra Fine Litho, die im Feinheitsgrad den entsprechenden Varnishpulvern gleichkommen. Man kann auch das Bronzepulver in die Druckfarben hineinmischen, die hauptsächlich Leinöl, ferner Gummi oder Harze und trocknende Mittel, wie Blei-, Mangan- oder Kobaltverbindungen, enthalten. Die Zusammensetzung der Farben richtet sich nach der Art des zu bedruckenden

Papieres usw. Dabei werden die Bronzepulver Standard Lining, Extra Fine Lining und Superior Lining bis zum Betrage von 40% der Druckfarbe zugesetzt. Auf weißem Papier genügt einfacher Druck. Bei farbigem und rauhem Papier leimt man zweckmäßig vor dem Bronzefarbendruck, indem man auf 2 Teile Leim am besten 1 Teil weiße Farbe zugibt.

Zu Wasserfarben für Plakatpapiere wird Stärke oder Gummi als Bindemittel benutzt. Das Bronzepulver muß hierbei ein Poliermittel enthalten, das eine gleichmäßige Verteilung des Pulvers in der wässerigen Grundmasse erlaubt, wobei doch eine Reaktion des Aluminiums mit dem Wasser vermieden werden muß. Für Heißdruckpressen wird Bronzepulver auf Wachspapier mit einem Bindemittel aufgetragen und gibt einen glänzenderen und dauerhafteren Überzug, als er mit gewöhnlichen Druckfarben erzielt wird. Bei der Herstellung von metallisiertem Papier, bei dem erst ein Bindemittel und dann ein dünner Bronzeüberzug oder beides zugleich aufgetragen wird, werden künstlerische Wirkungen besonders bei geprägten Papieren erreicht. Das Bronzepulver kann auch mit Farbstoffen wie Auramin, Chrysoidin, Fuchsin, Rhodamin oder Safranin gefärbt werden, wobei allerdings nicht völlig lichtbeständige Farben entstehen. Auch in plastische Cellulosemassen, wie dem Pyralin, läßt sich das Bronzepulver als solches oder in gefärbtem Zustande einbetten, wobei sich besonders schöne Reflexionserscheinungen ergeben. Für dekorative Zwecke wird in Amerika unter dem Namen Metallics ein grobes Aluminiumpulver in den Handel gebracht, das als Christbaumschmuck oder zur Schaufensterdekoration benutzt wird. Zu manchen anderen Zwecken findet Bronzepulver, meist in gröberer Form, in der Pyrotechnik, bei der Gold- und Silberscheidung aus Cyanidlaugen an Stelle von Zinkstaub, zur Herstellung von porösem Steinmaterial, im Gemisch mit Leinsamenmehl, Schwefel und Seife als dichtendes Mittel für Gummireifen und Wasserröhren Verwendung. Zahlreiche weitere Beispiele führt Verfasser am Schluß noch an, um die vielseitige Brauchbarkeit des Bronzepulvers zu kennzeichnen. A. Siemens, Göttingen.

OHMANN, OTTO, **Die Unfallverhütung im chemischen und physikalischen Unterricht.** Dritte Auflage. Berlin: Winckelmann und Söhne 1928. XVI, 203 S. und 68 Abbild. 13×19 cm. Preis geb. RM 5.—.

Mit der dritten Auflage ist dieses außerordentlich liebevoll durchgearbeitete und wertvolle Büchlein zwar auf der alten Grundlage doch in völlig neuer Form wiedererschienen, berufen, von allen denen, die insbesondere verantwortlich experimentieren oder Experimente ausführen lassen, ernsthaft zu Rate gezogen zu werden.

Sein Inhalt zerfällt in zwei Teile: 1. *Allgemeine* Unfallverhütung (1—45). 2. *Besondere* Unfallverhütung, „ein Kanon der Versuche, die mit Gefahr verknüpft sein können", mit den beiden Unterabteilungen *Chemie* und *Physik* (47—156 und 157—189). Für den *biologischen* Unterricht wesentliche Sicherheitsmaßnahmen finden sich an geeigneten Stellen eingeflochten. Beispiele von wirklich vorgekommenen Unfällen erhöhen die Eindringlichkeit der angegebenen Maßregeln, die auch ein draufgängerischer Experimentator, sobald er eine Verantwortung für Schüler, Studenten oder Praktikanten trägt, niemals außer acht lassen sollte. Und man findet in dem Buche außer den wohlbekannten Gefahren auch eine größere Zahl von Unfallmöglichkeiten beschrieben, die nicht jedem Naturforscher geläufig oder bekannt sein dürften. So können alle, vom Volksschullehrer bis zum Hochschullehrer, aus Ohmanns Buche Nutzen ziehen, das auf Grund langjähriger Tätigkeit auf dem Gebiete der Unfallverhütung entstanden ist, zahlreiche eigene Erfahrungen berücksichtigt und Lehren aus der Unfallstatistik der Ministerien zieht. Es sollte daher nirgend die Gelegenheit versäumt werden, insbesondere alle angehenden Lehrer der Volks- und Mittelschulen auf die Benutzung dieses Ratgebers aufmerksam zu machen, der manchem bösen Unfall mit Sicherheit vorzubeugen weiß. Der Inhalt des Buches geht noch insofern über die Ankündigung des Titels erheblich hinaus, als in dem Kanon der nicht ungefährlichen Versuche eine ausführliche, bis in Einzelheiten gehende Beschreibung schöner und von einem erfahrenen Schulmanne erprobter Vorführungsversuche geboten wird, so daß die Unfallverhütungsregeln nicht in abstrakter Form sondern immer an Hand ganz bestimmter Beispiele dargelegt und anschaulich gemacht werden.

Auch den auf chemischen und physikalischen Ereignissen beruhenden Gefahren im täglichen Leben wird systematische Beachtung geschenkt, woraus in erster Linie die Lehrer an Volks- und Fachschulen Anregung zu eindringlicher Belehrung ihrer Schüler schöpfen können. Bei allen Darlegungen sind stets möglichst einfache experimentelle Hilfsmittel zugrunde gelegt.

Lothar Hock, Gießen.

RONA, PETER, **Praktikum der Physiologischen Chemie.** 3. Teil: Stoffwechsel und Energiewechsel von H. W. Knipping und P. Rona. Berlin: Julius Springer 1928. VI, 268 S. und 107 Abbildungen. 14×21 cm. Preis geb. RM 15.—.

Das Buch bringt mehr, als der Titel verspricht, nämlich außer der Lehre vom Stoff- und Energiewechsel noch ein Kapitel über Nahrungsmitteluntersuchungen und je eines über Bestimmung des Gasstoffwechsels von Zellen, Geweben, Bakterien und kleinsten Tieren und über den Arbeitsumsatz unter besonderer Berücksichtigung der Sportuntersuchungen. Die Darstellung ist als ganz besonders klar zu rühmen, man merkt dem Buch Seite für Seite an, daß einerseits der eine der beiden Verfasser einen meisterhaften Überblick über die gesamte Biochemie hat und über die umfangreichsten Lehrerfahrungen verfügt, und daß andererseits der andere der beiden Verfasser gerade auf dem Gebiete des Stoffwechsels ganz besonders zu Hause ist und die Technik derartiger Untersuchungen in vollkommenster Weise beherrscht. So ist das Werk nicht nur reich an praktischer Erfahrung, sondern auch an vorzüglich ausgewählten Beispielen. Als besonders gelungen können auch die theoretischen Erörterungen gerühmt werden, mit denen jeweils die einzelnen Kapitel eingeleitet werden, anschauliche Abbildungen erhöhen weiter den Unterrichtswert des Buches.

Wenngleich die Untersuchungen des allgemeinen Stoff- und Energiewechsels heute wohl nicht mehr die große Bedeutung haben als zu der Zeit, wo Voit, Pettenkofer, Rubner, Zuntz ihre grundlegenden Untersuchungen anstellten, so stehen doch auch gegenwärtig wieder so manche Fragen der Stoffwechselphysiologie und -pathologie (spezifisch-dynamische Wirkung, Thyreoidea, Hypophyse) derartig im Vordergrund des Interesses und sind auch für die Klinik, speziell die Therapie, so wichtig geworden, daß ein Praktikum wie das hier gebotene für Wissenschaft und Praxis außerordentlich erwünscht ist. Da wir vor nicht langer Zeit auch den ersten Teil dieses Rona-Praktikums aufs wärmste begrüßen konnten, so dürfen wir hoffen, daß mit dem zweiten Teil, dessen baldiges Erscheinen in Aussicht gestellt ist, ein Werk gegeben sein wird, das für den Fortschritt der Biochemie sehr wesentliche Dienste zu leisten berufen ist. K. Spiro, Basel.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.